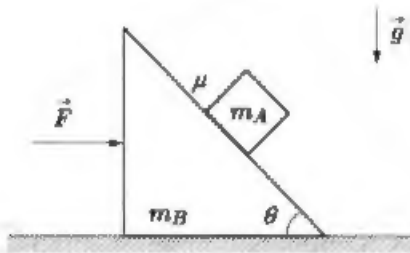




Questão 01 – Física

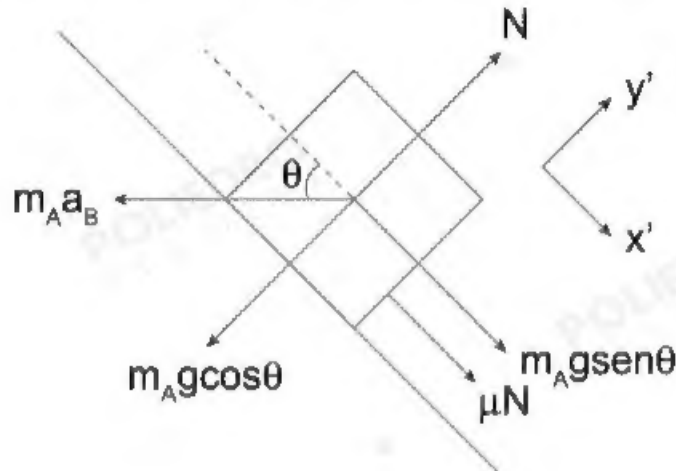
Questão 1. Um bloco de massa m_A encontra-se sobre a superfície de uma cunha de massa m_B , que desliza sem atrito em uma superfície plana devido à ação de uma força horizontal. O ângulo de inclinação da cunha é dado por θ . Sabendo que o coeficiente de atrito entre o bloco e a cunha é μ , calcule em função de m_A , m_B , θ , μ e g :

- (a) a aceleração mínima à qual a cunha deve ser submetida para que o bloco inicie um movimento de subida;
(b) a intensidade da força de contato entre o bloco e a cunha.



Resolução

- a) Na iminência de subir, adotando o referencial da cunha:



$$y': N = m_A \cdot a_B \cdot \text{sen}\theta + m_A \cdot g \cdot \cos\theta \quad (\text{I})$$

$$x': m_A \cdot a_B \cdot \cos\theta = m_A \cdot g \cdot \text{sen}\theta + \mu N \quad (\text{II})$$

(I) em (II):

$$m_A \cdot a_B \cdot \cos\theta = m_A \cdot g \cdot \text{sen}\theta + \mu \cdot m_A \cdot a_B \cdot \text{sen}\theta + \mu \cdot m_A \cdot g \cdot \cos\theta$$

$$\Rightarrow m_A \cdot a_B (\cos\theta - \mu \cdot \text{sen}\theta) = m_A \cdot g (\text{sen}\theta + \mu \cdot \cos\theta)$$

$$\Rightarrow a_B = g \cdot \frac{\text{sen}\theta + \mu \cdot \cos\theta}{\cos\theta - \mu \cdot \text{sen}\theta}$$

b) De (I):

$$N = m_A [a_B \cdot \text{sen}\theta + g \cdot \cos\theta]$$

$$\Rightarrow N = m_A \cdot g \left[\frac{\text{sen}^2\theta + \mu \cdot \text{sen}\theta \cdot \cos\theta + \cos^2\theta - \mu \cdot \text{sen}\theta \cdot \cos\theta}{\cos\theta - \mu \cdot \text{sen}\theta} \right]$$

$$\Rightarrow N = \frac{m_A \cdot g}{\cos\theta - \mu \cdot \text{sen}\theta}$$

Logo, a força de contato será:

$$F_c^2 = N^2 + F_{at}^2 = N^2 + \mu^2 N^2$$

$$\Rightarrow F_c = N\sqrt{1 + \mu^2}$$

$$\Rightarrow F_c = \frac{m_A g \sqrt{1 + \mu^2}}{\cos\theta - \mu \text{sen}\theta}$$



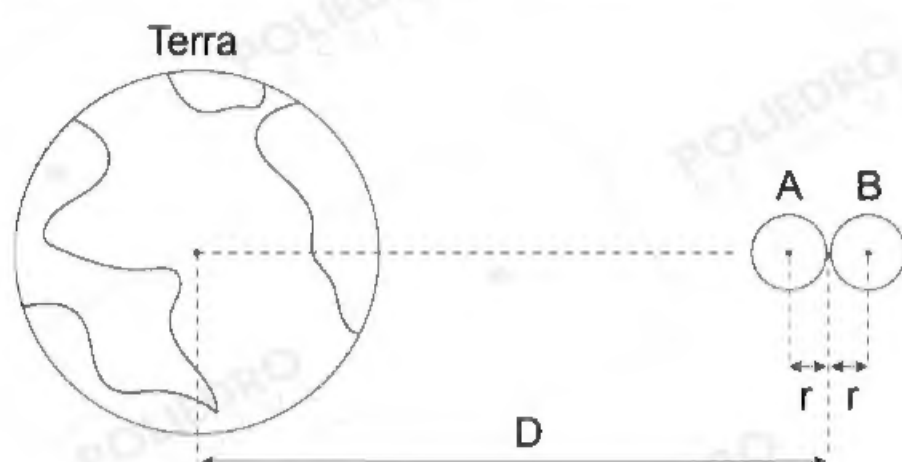
Questão 02 – Física

Questão 2. Existe um limite inferior da distância Terra-Lua para que o nosso satélite não se desintegre por efeitos de maré. Para determinar uma expressão aproximada dessa distância, considere a Lua como a composição de dois semi-satélites esféricos idênticos, homogêneos e em contato. Os corpos descritos realizam um movimento circular ao redor da Terra, cuja massa é dada por M_T , com os três centros sempre colineares. A estabilidade da Lua é associada à tendência natural dessas duas metades manterem o contato entre si por efeitos gravitacionais. Considerando que o raio da lua R_L é muito menor do que a distância Terra-Lua D e que M_T é muito maior que a massa da Lua M_L , faça o que se pede.

Caso necessário, use: $(1+x)^n \approx 1+nx$, se $|x| \ll 1$.

- (a) Considerando que os semi-satélites têm a mesma densidade da Lua, determine os seus raios r e massas m . Deixe sua resposta em termos dos dados do enunciado.
(b) Estime o valor mínimo de D para que a Lua não se desintegre. Deixe sua resposta em termos de M_T , m e r .

Resolução



- a) Por conservação de massa:

$$M_L = m + m \Rightarrow \boxed{m = \frac{M_L}{2}}$$

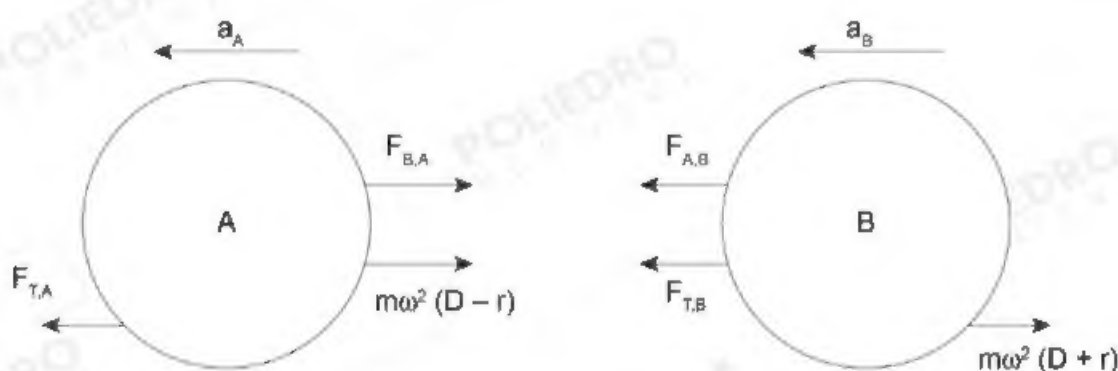
Da densidade:

$$\rho = \frac{M_L}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R_L^3} = \frac{m}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3} \Rightarrow \frac{M_L}{R_L^3} = \frac{\frac{M_L}{2}}{r^3} \Rightarrow \boxed{r = \frac{R_L}{\sqrt[3]{2}}}$$

- b) Antes da desintegração, os dois semi-satélites movem-se com a velocidade angular da Lua:

$$\frac{T^2}{D^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot M_T} \Rightarrow \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \omega^2 = \frac{G \cdot M_T}{D^3}$$

Ao adotar o referencial girante, os semi-satélites estarão sujeitos às seguintes forças:



$$A: \frac{G \cdot M_T \cdot m}{(D-r)^2} - \frac{G \cdot m^2}{(2 \cdot r)^2} - m \cdot \frac{G \cdot M_T}{D^3} \cdot (D-r) = m \cdot a_A$$

$$B: \frac{G \cdot M_T \cdot m}{(D+r)^2} + \frac{G \cdot m^2}{(2 \cdot r)^2} - m \cdot \frac{G \cdot M_T}{D^3} \cdot (D+r) = m \cdot a_B$$

Haverá desintegração se $a_A > a_B$:

$$\frac{G \cdot M_T}{(D-r)^2} - \frac{G \cdot m}{4 \cdot r^2} - \frac{G \cdot M_T (D-r)}{D^3} > \frac{G \cdot M_T}{(D+r)^2} + \frac{G \cdot m}{4 \cdot r^2} - \frac{G \cdot M_T (D+r)}{D^3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{(D-r)^2} - \frac{1}{(D+r)^2} + \frac{2 \cdot r}{D^3} > \frac{m}{2 \cdot r^2 \cdot M_T} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{D^2} \left[1 - \frac{r}{D} \right]^{-2} - \frac{1}{D^2} \left[1 + \frac{r}{D} \right]^{-2} + \frac{2 \cdot r}{D^3} > \frac{m}{2 M_T \cdot r^2}$$

Ao utilizar a aproximação fornecida, tem-se:

$$\frac{1}{D^2} \left[1 + \frac{2r}{D} \right] - \frac{1}{D^2} \left[1 - \frac{2r}{D} \right] + \frac{2r}{D^3} > \frac{m}{2 \cdot M_T \cdot r^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{6r}{D^3} > \frac{m}{2 \cdot M_T \cdot r^2} \Rightarrow \boxed{D_{\text{limite}} = r \left(\frac{12 \cdot M_T}{m} \right)^{\frac{1}{3}}}$$



Questão 03 – Física

Questão 3. As fontes F_1 e F_2 contêm duas buzinas que geram ruídos de frequências próprias f_1 e f_2 ($f_2 > f_1$), respectivamente. A fonte F_1 mantém-se em repouso, enquanto a fonte F_2 realiza um movimento harmônico simples de frequência f_m e amplitude A ao longo da reta que une os dois corpos. Um observador vizinho a F_1 registra um intervalo acústico entre os dois sons captados que varia de $5/4$ até $3/2$. Considere o tempo de propagação do som desprezível. Com base nas informações fornecidas, determine:

- (a) o intervalo acústico entre f_1 e f_2 ;
- (b) a relação entre f_m , A e a velocidade do som v_0 .

Resolução

a) Sejam f'_2 a frequência de F_2 percebida em F_1 e $v(t)$ a velocidade de F_2 em função do tempo. Pelo efeito Doppler, tem-se:

$$f'_2 = f_2 \left(\frac{v_0}{v_0 \mp v(t)} \right)$$

Do enunciado: $\frac{5}{4} \leq \frac{f'_2}{f_1} \leq \frac{3}{2}$

Portanto: $\frac{5}{4} \leq \frac{f_2}{f_1} \left(\frac{v_0}{v_0 \mp v(t)} \right) \leq \frac{3}{2}$

Nos pontos de módulo máximo da velocidade no MHS, tem-se:

$$|v_{\text{máx}}| = 2\pi A f_m$$

- $\frac{f_2}{f_1} \left(\frac{v_0}{v_0 - 2\pi A f_m} \right) = \frac{3}{2} \Rightarrow 1 - \frac{2\pi A f_m}{v_0} = \frac{2}{3} \cdot \frac{f_2}{f_1}$
- $\frac{f_2}{f_1} \left(\frac{v_0}{v_0 + 2\pi A f_m} \right) = \frac{5}{4} \Rightarrow 1 + \frac{2\pi A f_m}{v_0} = \frac{4}{5} \cdot \frac{f_2}{f_1}$

Somando as equações, tem-se:

$$2 = \frac{2}{3} \cdot \frac{f_2}{f_1} + \frac{4}{5} \cdot \frac{f_2}{f_1} \Rightarrow \boxed{\frac{f_2}{f_1} = \frac{15}{11}}$$

b) $1 - \frac{2\pi A f_m}{v_0} = \frac{2}{3} \left(\frac{15}{11} \right) = \frac{10}{11}$

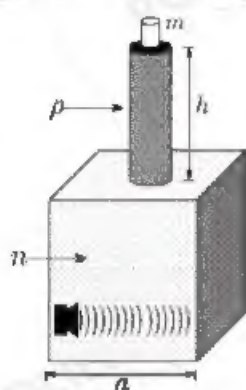
Assim: $\frac{2\pi A f_m}{v_0} = 1 - \frac{10}{11} = \frac{1}{11}$

Portanto: $\boxed{\frac{v_0}{A f_m} = 22\pi}$



Questão 04 – Física

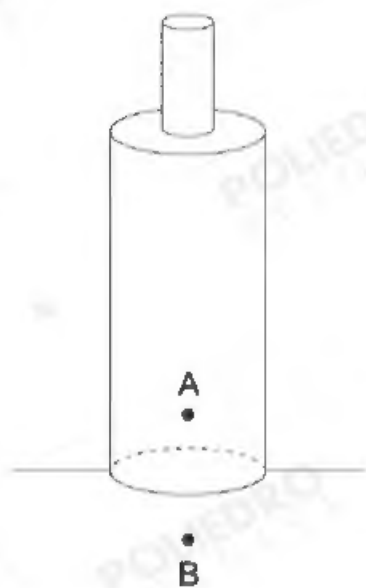
Questão 4. Considere um cubo de lado a , que contém n mols de um gás ideal em equilíbrio termodinâmico, sobre o qual é colocado um recipiente cilíndrico de altura h e raio r , completamente preenchido de um fluido de densidade ρ . O cilindro e o cubo são separados por uma membrana flexível. No topo do cilindro, há uma outra membrana flexível sobre a qual é colocada um corpo de massa m . Sabendo que a velocidade de propagação do som é v_0 a uma temperatura T_0 , que a pressão atmosférica vale P_{atm} e que uma fonte sonora gera uma onda com frequência f no interior do cubo, determine:



- (a) a temperatura do gás no interior do cubo;
(b) uma expressão para o comprimento de onda dessa onda no meio gasoso.

Resolução

a)



A pressão em um ponto imediatamente antes da membrana (A) é igual à pressão em um ponto imediatamente após a membrana (B).

A pressão no ponto A se deve às pressões atmosférica, da massa do cilindro e do fluido. Assim,

$$P_A = P_{ATM} + \frac{mg}{\pi r^2} + \rho \cdot g \cdot h$$

Como o gás é ideal e $P_A = P_B$, tem-se:

$$P_B \cdot V = nRT \Rightarrow \left(P_{ATM} + \frac{mg}{\pi r^2} + \rho \cdot g \cdot h \right) a^3 = nRT$$

$$T = \left(P_{ATM} + \frac{mg}{\pi r^2} + \rho \cdot g \cdot h \right) \frac{a^3}{nR}$$

b) A velocidade do som é dada por:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \quad (I)$$

Do enunciado, tem-se:

$$v_0 = \sqrt{\frac{\gamma RT_0}{M}} \quad (II)$$

Dividindo (I) por (II), tem-se:

$$\frac{v}{v_0} = \sqrt{\frac{T}{T_0}} \rightarrow v = v_0 \sqrt{\frac{T}{T_0}} = \lambda \cdot f$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{v_0}{f} \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

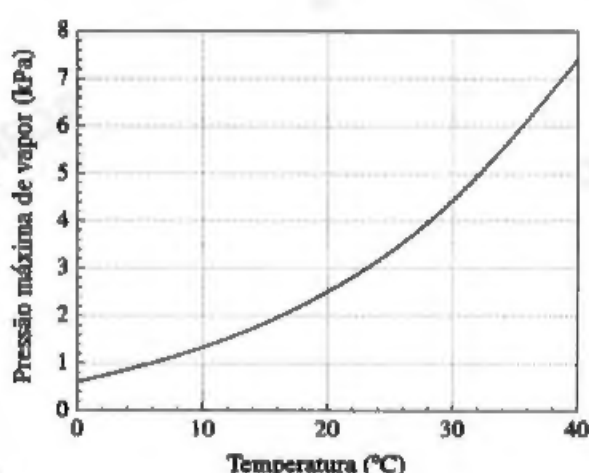
$$\lambda = \frac{v_0}{f} \sqrt{\left(P_{ATM} + \frac{mg}{\pi r^2} + \rho gh \right) \frac{a^3}{nRT_0}}$$



Questão 05 – Física

Questão 5. Uma cidade localiza-se ao nível do mar, próxima à costa oceânica à oeste e a poucos quilômetros de uma cordilheira. Durante o dia, uma brisa constante úmida de ar flui da costa para a montanha. Um barômetro localizado na cidade indica uma pressão de 100 kPa a temperatura de 25°C. Por sua vez, um outro barômetro localizado no ponto mais alto da cordilheira indica uma pressão de 80 kPa. Considere que o calor específico molar do ar a volume constante vale $2R$. Se necessário, considere: $\sqrt[3]{2} \approx 1,26$ e $\sqrt[3]{10} \approx 2,15$.

- (a) Estime a temperatura no ponto mais alto da cordilheira em Kelvin.
- (b) Considerando uma umidade relativa $\phi_0 = 50\%$ ao nível do mar e $\phi_1 = 10\%$ no ponto mais alto da cordilheira, estime o volume de água em m^3 que precipita por hora na trajetória da brisa entre a cidade e o pico se o fluxo médio de ar seco que alcança o topo da cordilheira for de $2,0 \times 10^9 \text{ kg/h}$.
- (c) Explique qualitativamente a razão pela qual desertos se formam no lado continental das cordilheiras



Resolução

a) Considerando a atmosfera adiabática, tem-se: $P_0^{1-\gamma} \cdot T_0^\gamma = P_1^{1-\gamma} \cdot T_1^\gamma$, em que o índice 0 se refere à costa e o índice 1 à cordilheira.

Pela relação de Mayer: $C_p - C_v = R \Rightarrow C_p - 2R = R \Rightarrow C_p = 3R$

O coeficiente de Poisson é $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{3R}{2R} \Rightarrow \gamma = 1,5$

$$\text{Logo: } P_0^{1-\gamma} \cdot T_0^\gamma = P_1^{1-\gamma} \cdot T_1^\gamma \Rightarrow T_1 = T_0 \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = 298 \cdot \left(\frac{100}{80} \right)^{\frac{1-1,5}{1,5}}$$

$$T_1 = 298 \cdot \frac{\sqrt[3]{8}}{\sqrt[3]{10}} = \frac{298 \cdot 2}{2,15} \Rightarrow \boxed{T_1 = 277,2 \text{ K}}$$

b) A partir do gráfico, têm-se:

- Na costa: $T_0 = 25^\circ\text{C} \Rightarrow F_1 = 3,2 \text{ kPa (PMV)}$
- Na cordilheira: $T_1 = 4,2^\circ\text{C} \Rightarrow F_1 = 0,8 \text{ kPa (PMV)}$

A umidade relativa é $\phi = \frac{m_v}{m_s} = \frac{f}{F}$, em que:

m_v = massa de vapor;

m_s = massa de vapor saturante;

f = pressão de vapor;

F = PMV.

$$\text{Assim, } \frac{f_1}{f_0} = \frac{\phi_1 \cdot F_1}{\phi_0 \cdot F_0} = \frac{10\% \cdot 0,8 \text{ kPa}}{50\% \cdot 3,2 \text{ kPa}} \Rightarrow \frac{f_1}{f_0} = \frac{1}{20}$$

Considerando a razão entre as massas de valor igual à razão entre as pressões de vapor, tem-se $\frac{m_1}{m_0} = \frac{1}{20}$.

Deve-se considerar a densidade de saturação $d_s = 25 \text{ g/m}^3$ a 1 atm e 25°C.

$$\text{Para o ar seco: } PV = \frac{m_{\text{ar}}}{M_{\text{ar}}} \cdot RT \Rightarrow 10^5 \cdot V = \frac{2 \cdot 10^9}{29 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,31 \cdot 298 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V = 1,7 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \text{ de ar}$$

$$\text{A massa de saturação é: } m_s = 25 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \cdot 1,7 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_s = 42,5 \cdot 10^9 \text{ g} \Rightarrow m_s = 4,25 \cdot 10^7 \text{ kg}$$

$$\text{Na costa: } \phi_0 = \frac{m_0}{m_s} \Rightarrow 0,5 = \frac{m_0}{4,25 \cdot 10^7} \Rightarrow m_0 = 2,125 \cdot 10^7 \text{ kg}$$

$$\text{Da razão } \frac{m_1}{m_0}, \text{ tem-se: } \frac{m_1}{m_0} = \frac{1}{20} \Rightarrow m_1 = \frac{2,125 \cdot 10^7}{20} \text{ kg} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_1 = 0,10625 \cdot 10^7 \text{ kg}$$

A massa que precipita é:

$$\Delta m = m_0 - m_1 = (2,125 - 0,10625) \cdot 10^7 \text{ kg} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta m = 2,018 \cdot 10^7 \text{ kg}$$

Considerando a densidade da água 10^3 kg/m^3 , o volume que precipita é $\boxed{\Delta v \cong 2 \cdot 10^4 \text{ m}^3}$

c) Como parte da brisa que flui da costa para a cordilheira precipita, no lado continental da cordilheira, o ar apresenta umidade relativa baixa e, portanto, ocorre a formação de desertos.

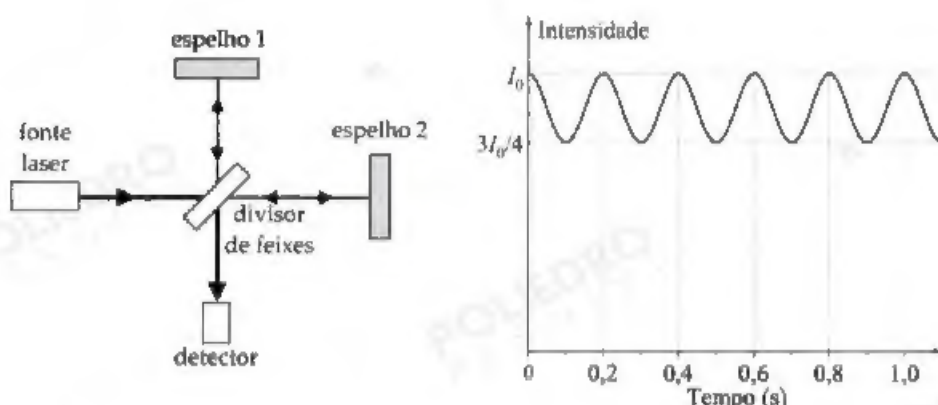
Obs.: para a resolução do item b, é necessário o valor da densidade de saturação $d_s = 25 \text{ g/m}^3$, o que não foi dado na prova. Além disso, utilizou-se a constante universal dos gases

$R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ e a densidade da água líquida $d = 1 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, valores também não fornecidos.



Questão 06 – Física

Questão 6. O LIGO é um observatório de ondas gravitacionais baseado em interferômetros de Michelson-Morley. Considere um interferômetro no qual um feixe LASER monocromático de 300 nm é dividido em dois feixes que percorrem dois caminhos ópticos de 4,0 km. Quando uma onda gravitacional atravessa esse sistema com velocidade c , o espaço-tempo é perturbado. Esse efeito pode ser aproximado como movimentos harmônicos simples do espelho 1 e do espelho 2 ao longo dos caminhos ópticos de seus respectivos feixes incidentes. Enquanto um comprimento de um braço do interferômetro contrai, o outro se dilata na mesma amplitude. Durante a passagem da onda gravitacional, o sinal medido no detector, originalmente igual a I_0 , passa a descrever um comportamento como o representado no gráfico abaixo.

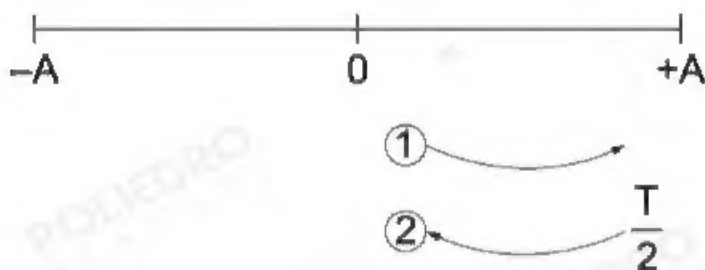


Faça o que se pede nos itens a seguir.

- (a) Determine o comprimento de onda da onda gravitacional detectada.
(b) Qual a máxima variação do comprimento de cada braço do interferômetro?

Resolução

- a) Ao longo de meio período, passam-se duas vezes pela posição de máximo, ou seja:



Sendo assim, pelo gráfico da intensidade em função do tempo, é necessário 0,2 segundo para haver dois máximos.

$$\frac{T}{2} = 0,2 \Rightarrow T = 0,4 \text{ s}$$

$$v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow 3 \cdot 10^8 = \frac{\lambda}{0,4} \Rightarrow \boxed{\lambda = 1,2 \cdot 10^8 \text{ m}}$$

- b) A intensidade resultante dos dois feixes é dada por:

$$I_{\text{RES}} = I_1 + I_1 + 2\sqrt{I_1 I_1} \cos \phi \Rightarrow I_{\text{RES}} = 2I_1(1 + \cos \phi)$$

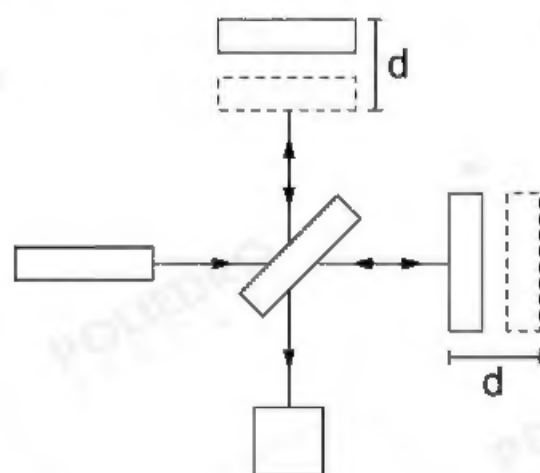
Nota-se que a intensidade máxima será $4I_1$. Assim,

$$I_0 = 4I_1.$$

Utilizando o ponto de intensidade mínima $\frac{3}{4}I_0$, têm-se:

$$\frac{3}{4}I_0 = 2I_1(1 + \cos \phi) \Rightarrow \frac{3}{4}(4I_1) = 2I_1(1 + \cos \phi) \Rightarrow \frac{3}{2} = 1 + \cos \phi \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cos \phi = \frac{1}{2} \Rightarrow \phi = \frac{\pi}{3}$$



Observando a figura, nota-se que a diferença de fase será $4d$.

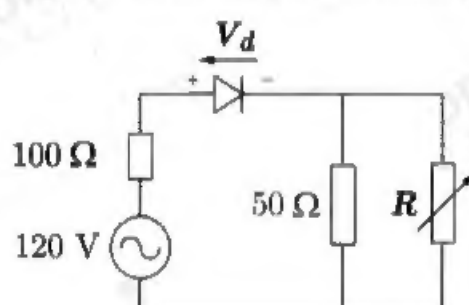
$$\frac{\Delta x}{\phi} = \frac{\lambda}{2\pi} \Rightarrow \frac{4d}{\frac{\pi}{3}} = \frac{\lambda}{2\pi}$$

$$d = \frac{\lambda}{24} = \frac{300 \cdot 10^{-9}}{24} \Rightarrow \boxed{d = 12,5 \cdot 10^{-9} \text{ m}}$$



Questão 07 – Física

Questão 7. Considere o circuito ilustrado abaixo com uma fonte de corrente alternada senoidal de 60 Hz e tensão de pico de 120 V, um diodo ideal sujeito a uma diferença de potencial V_d , dois resistores, cujas resistências elétricas valem 50Ω e 100Ω , e um reostato de resistência variável R . Um diodo é um dispositivo eletrônico que permite a passagem de corrente em apenas um sentido ($V_d > 0$).



Faça o que se pede nos itens a seguir.

- (a) Descreva e esboce o gráfico da corrente $i(t)$ que atravessa o reostato quando este está configurado para oferecer uma resistência elétrica de $R = 25\Omega$.
(b) Determine o valor de R que proporciona uma transferência máxima de potência da fonte alternada ao reostato.

Resolução

a) O cálculo da resistência equivalente (R_{eq}) para $R = 25\Omega$:

$$R_{eq} = 100 + (50 \parallel 25) = 100 + \frac{50 \cdot 25}{50 + 25} = 100 + \frac{50}{3} = \frac{350}{3} \Omega$$

Sendo U a tensão da fonte, sabe-se que a corrente só circulará no circuito quando $U > V_d$. Sendo assim:

Quando $U \leq V_d \rightarrow i = 0$

Aplicando divisor de tensão quando $U > V_d$, obtém-se a ddp sobre o reostato:

$$U_R = (U - V_d) \cdot \frac{(50 \parallel 25)}{R_{eq}} = (U - V_d) \cdot \frac{\frac{50}{3}}{\frac{350}{3}} = \frac{U - V_d}{7}$$

$$i_R = \frac{U_R}{R} = \frac{\frac{U - V_d}{7}}{25} = \frac{U - V_d}{175}$$

A corrente de pico é obtida quando U é máximo:

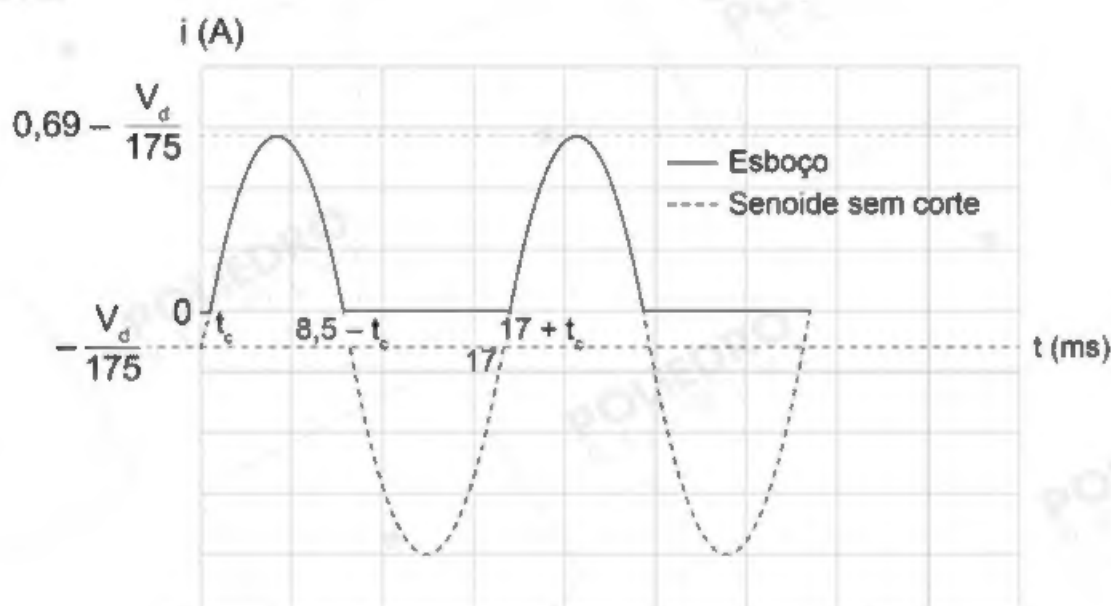
$$i_R = \frac{120 - V_d}{175} \cong 0,69 - \frac{V_d}{175}$$

U é uma senoide com período $T = \frac{1}{60} \cong 0,017 \text{ s} = 17 \text{ ms}$.

Sendo assim, $U - V_d$ será uma senoide deslocada verticalmente para baixo.

A tensão de corte é atingida quando:

$$U = V_d \rightarrow 120 \cdot \sin(2\pi f \cdot t) = V_d \rightarrow t_c = \frac{1}{120\pi} \cdot \sin^{-1}\left(\frac{V_d}{120}\right)$$



b) Obteremos o circuito Thevenin que estaria associado ao reostato:

$$R_{Th} = 100 \parallel 50 = \frac{100}{3} \Omega$$

A máxima potência recebida pelo reostato ocorre quando este tiver a mesma resistência da resistência Thevenin. Sendo assim:

$$R = \frac{100}{3} \Omega$$

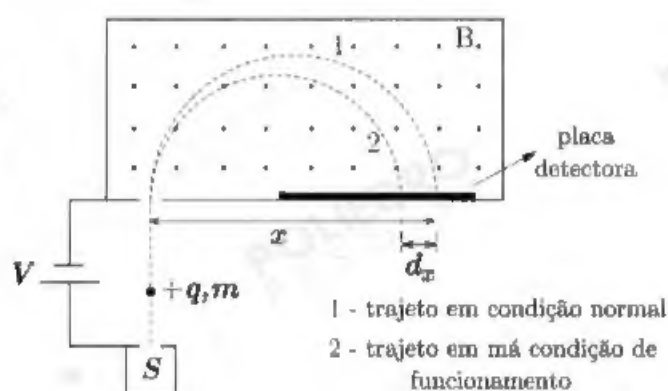


Questão 08 – Física

Questão 8. Em um espectrômetro de massa, íons de massa m e carga q são acelerados de uma fonte S até uma fenda por uma diferença de potencial elétrico V . Assim que atravessam a fenda, acessam uma câmara na qual existe um campo magnético uniforme $B\hat{z}$, perpendicular ao plano ilustrado pela figura abaixo. Em condições normais de funcionamento, os íons entram na câmara com velocidade perpendicular ao anteparo e têm o movimento completamente contido no plano da figura até atingir a placa detectora a uma distância horizontal x da fenda de entrada.

Contudo, verificou-se um desvio horizontal d_x nos valores esperados de suas medidas, resultando em uma distância $x - d_x$, associada a uma elevação vertical do ponto de detecção de d_z . Suspeita-se que as partículas carregadas tenham uma componente de velocidade vertical de tal forma que a velocidade de entrada das mesmas faz um ângulo α com a direção normal ao anteparo. Assumindo essas considerações, calcule:

- (a) $\cos \alpha$ em termos de d_x , B , q , m e V ;
(b) a distância d_z em termos de B , q , m , V e α .



Resolução

a) Conservação de energia:

$$q \cdot V = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$$

Raio do movimento circular dos íons:

$$\frac{x}{2} = \frac{mv}{qB} \text{ e } \frac{x - d_x}{2} = \frac{mv}{qB} \cdot \cos \alpha$$

Subtraindo as equações, tem-se:

$$\frac{d_x}{2} = \frac{mv}{qB} (1 - \cos \alpha) \Rightarrow \cos \alpha = 1 - \frac{qBd_x}{2mv}$$

$$\text{Assim: } \cos \alpha = 1 - \frac{qBd_x}{2m\sqrt{\frac{2qV}{m}}}$$

$$\text{Portanto: } \boxed{\cos \alpha = 1 - \frac{Bd_x}{2} \sqrt{\frac{q}{2mV}}}$$

b) Durante metade do movimento circular, $\Delta t = \frac{T}{2}$, os íons percorrem uma distância d_z com velocidade $v \cdot \sin \alpha$:

$$d_z = v \cdot \sin \alpha \cdot \Delta t$$

Em que:

$$\bullet \sin \alpha = \sqrt{\frac{q \cdot B \cdot d_x}{\sqrt{2mqV}} - \frac{q \cdot B^2 \cdot d_x^2}{8mV}}$$

$$\bullet \Delta t = \frac{T}{2} = \frac{\pi m}{qB}$$

Portanto:

$$d_z = \sqrt{\frac{2qV}{m}} \cdot \sqrt{\frac{q \cdot B \cdot d_x}{\sqrt{2mqV}} - \frac{q \cdot B^2 \cdot d_x^2}{8mV}} \cdot \frac{\pi m}{qB}$$

$$d_z = \sqrt{\frac{2qV}{m}} \cdot \frac{\pi^2 m^2}{q^2 B^2} \left(B \cdot d_x \sqrt{\frac{q}{2mV}} - \frac{qB^2 d_x^2}{8mV} \right)$$

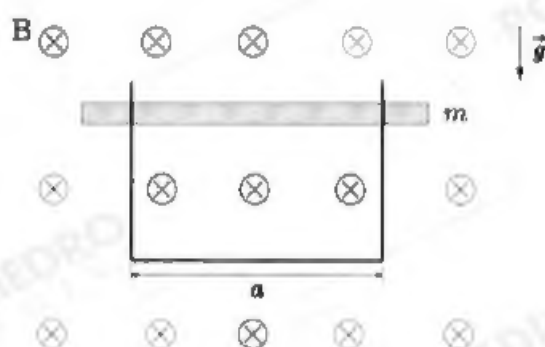
$$\boxed{d_z = \pi \sqrt{\frac{2d_x}{B}} \sqrt{\frac{mV}{2q}} - \frac{d_x^2}{4}}$$



Questão 09 – Física

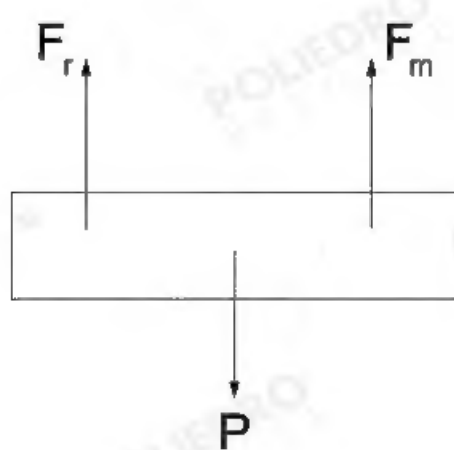
Questão 9. Considere uma haste condutora móvel de massa m e resistência R sobre trilhos fixos condutores em forma de U , conforme a figura abaixo. Esse sistema está em uma região com campo magnético \vec{B} uniforme e perpendicular ao plano do trilho. Em um determinado instante, a haste é solta do repouso e cai sob a influência da gravidade \vec{g} e de uma força de resistência do ar, proporcional à sua velocidade, $\vec{F}_r = -\alpha \vec{v}$. Considerando que a resistência da haste é muito maior que a resistência do trilho, faça o que se pede.

- (a) Forneça o diagrama de forças que atuam na haste e indique suas intensidades.
(b) Determine a velocidade terminal da haste.
(c) Esboce o gráfico da velocidade $v(t)$.



Resolução

a)



P: força peso

F_r : força de resistência do ar

F_m : força magnética

- $P = m \cdot g$
- $F_r = \alpha \cdot v$
- $F_m = B \cdot i \cdot a$, em que i é a corrente induzida na haste.

$$B \cdot a \cdot v = R \cdot i \Rightarrow i = \frac{B \cdot a \cdot v}{R}$$

Portanto,
$$F_m = \frac{B^2 \cdot a^2 \cdot v}{R}$$

- b) A velocidade terminal da haste é atingida quando a aceleração se anula:

$$mg - \alpha v_T - \frac{B^2 \cdot a^2}{R} \cdot v_T = 0$$

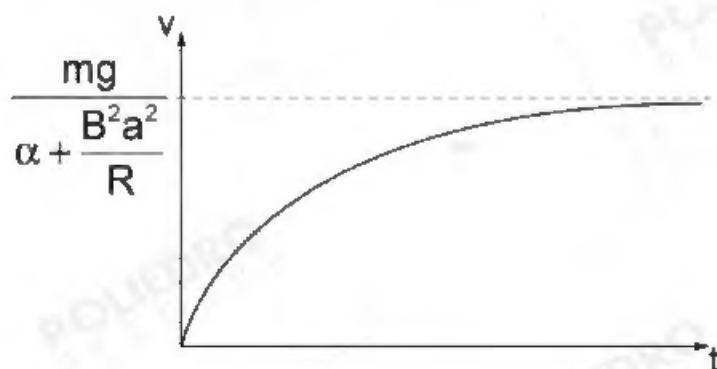
Portanto,
$$v_T = \frac{mg}{\alpha + \frac{B^2 \cdot a^2}{R}}$$

c)

$$F_R = m \cdot a(t) = mg - \alpha v(t) - \frac{B^2 a^2}{R} \cdot v(t)$$

Portanto,
$$a(t) = g - \left(\frac{\alpha \cdot R + B^2 \cdot a^2}{m \cdot R} \right) \cdot v(t)$$

Pela segunda lei de Newton, a aceleração $a(t)$ diminui com o tempo até zerar quando a velocidade terminal é atingida. Como a inclinação de $v(t)$ é dada por $a(t)$, o gráfico deve crescer assintoticamente de $v(0) = 0$ até v_T .





Questão 10 – Física

Questão 10. Uma placa metálica é iluminada com radiação de diferentes comprimentos de onda a fim de coletar fotoelétrons. Os elétrons emitidos são desacelerados por uma diferença de potencial, e os potenciais de corte para os quais a corrente elétrica deixa de ser detectada para cada comprimento de onda isolado são apresentados na tabela a seguir.

λ (Å)	V_c (V)
250	37
150	70
110	100
50	235

Faça o que se pede nos itens a seguir.

- (a) Determine, em eV, a função trabalho da placa metálica.
 (b) Em seguida, foi utilizada uma lâmpada de hidrogênio para iluminar a mesma placa metálica. Determine de quais saltos quânticos dos elétrons do átomo de H é possível obter radiação capaz de emitir fotoelétrons da placa metálica considerada.

Resolução

a) Da equação de Einstein:

$$\begin{cases} eV = \frac{hc}{\lambda} - \phi \\ eV' = \frac{hc}{\lambda'} - \phi \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} eV\lambda = hc - \phi\lambda \\ eV'\lambda' = hc - \phi\lambda' \end{cases}$$

Subtraindo as equações, tem-se:

$$(V'\lambda' - V\lambda)e = \phi(\lambda - \lambda')$$

$$\text{Portanto: } \phi = \frac{V'\lambda' - V\lambda}{\lambda - \lambda'} e$$

Com quaisquer dois dos quatro valores dados de potencial de corte e de seus respectivos comprimentos de onda, é possível determinar o valor de ϕ .

Tomando $V = 37$ V, $V' = 70$ V, $\lambda = 250$ Å e $\lambda' = 150$ Å:

$$\phi = \frac{(70 \cdot 150 - 37 \cdot 250)}{(250 - 150)} e$$

$$\text{Portanto: } \boxed{\phi = 12,5 \text{ eV}}$$

b) Para $n_i = 1$:

$$-13,6 \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{1^2} \right) \geq 12,5$$

$$\text{Portanto: } n_f \geq 3,51$$

Como $n_f \in \mathbb{N}$, então, para $n_i = 1$, $n_f \geq 4$.

Para $n_i \geq 2$:

$$-13,6 \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) \geq 12,5$$

$$\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \leq \frac{-12,5}{13,6} \Rightarrow \frac{1}{n_f^2} \leq \frac{1}{n_i^2} - \frac{12,5}{13,6} \leq \frac{1}{2^2} - \frac{12,5}{13,6}$$

$$\frac{1}{n_f^2} \leq -0,67 \Rightarrow \underline{\text{Absurdo!}}$$

Portanto, não é possível emitir fotoelétrons para $n_i \geq 2$. Então, os saltos quânticos possíveis ocorrem para $n_i = 1$ e $n_f \geq 4$, com $n_f \in \mathbb{N}$.